



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUDENHAL- LINNAN KEHITTÄMINEN

Matti Aho

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto

AHO MATTI

Betonirakenteiden kosteudenhallinnan kehittäminen

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Joulukuu 2015

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia betonisten lattiarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta sekä tällä hetkellä käytössä olevia betonirakenteiden kosteudenmittausmenetelmiä. Työn tuloksena oli tarkoitus tuottaa rakennusyhtiö Hartelalle toimintaohje betonirakenteiden kosteudenhallinnasta, jota hyödyntämällä betonin kosteuden aiheuttamia ongelmia ja vaurioita voidaan vähentää ja välttää työmailla. Yhtenä tärkeänä osana kosteudenhallintaohjetta, mukaan otettiin myös kosteudenmittaukset.

Yleisin syy betonirakenteiden kosteusongelmille on vääränlaiset tai muuten haasteelliset olosuhteet. Tämä voi ilmetä joko huonoina kuivumisolosuhteina, tai sitten vääränlaisten kosteusmittaustulosten saamisena vääränlaisten mittaolosuhteiden vuoksi. Varsinkin betonin kastuminen kuivumisen jo ollessa käynnissä hidastaa kuivumista merkittävästi ja voi näin aiheuttaa etenkin aikataulullisia ongelmia. Toisena merkittävänä tekijänä voidaan mainita suunnittelun puutteellisuus ja huolimattomuus varsinkin kosteusmittauksissa ja rakenteiden suojaamisessa.

Suurimpana kehitettävänä asiana betonirakenteiden kosteudenhallinnassa on siis huolellisuus ja etukäteissuunnittelu rakenteen kuivumisen jokaisessa vaiheessa, etenkin rakenteiden suojaamisessa ja hyvien kuivumisolosuhteiden varmistamisessa. Kosteudenmittauksissa esiintyviin ongelmiin apu voisi löytyä käyttämällä uudempia ja varmempia menetelmiä, kuin hyvin virheherkkä porareikämittausmenetelmä.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Option of Building Production

AHO MATTI

Development of the Moisture Control of Concrete Structures

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 7 pages
December 2015

The purpose of this thesis was to study how concrete floor structures react in the case of humidity and current techniques of measuring moisture in concrete structures. Result of the thesis was to produce a working guide about the moisture control of concrete structures for the construction company Hartela that could be used to reduce and avoid problems and damages at construction sites caused by the moisture in concrete. Moisture measurement was added as a vital part of moisture control in the working guide.

The most common reason for moisture problems in concrete structures are incorrect and otherwise challenging conditions. This can be seen as poor drying conditions or incorrect measurement results caused by incorrect conditions during measuring. Especially if the concrete structure gets wet during its drying process it slows down the process significantly and can cause problems with the schedule. Insufficient planning and negligence especially in moisture measurements and protecting the structure are other reasons for moisture problems.

The most important area to develop in moisture control of concrete structures is therefore care and early planning in every step during the drying process especially protecting the structure and ensuring proper drying conditions. Problems in moisture measurements could be reduced by using newer and more secure techniques to measure moisture than the old technique to measure through a borehole which is very sensitive to errors.

Key words: moisture control, concrete structure, moisture measurement

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMIVUUS	6
2.1	Betonin kosteus.....	6
2.2	Kosteuden aiheuttamat vauriot	6
2.3	Betonin kuivuminen.....	8
2.4	Betonirakenteiden suojaaminen.....	15
2.5	Betonin kosteuden mittaaminen.....	17
2.6	Betonirakenteen päällystettävyys.....	26
3	KOSTEUDENHALLINTAOHJEEN KEHITTÄMINEN	29
3.1	Kosteudenhallintaohjeen ja kosteusmittauslomakkeen tarkoitus	29
3.2	Betonin kosteus ja kuivuminen.....	29
3.3	Kosteusmittaukset.....	30
3.4	Haastattelut	31
4	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	37
	Liite 1. Betonivalujen kosteudenhallinta, toimintaohje.....	37
	Liite 2. Betonirakenteen kosteusmittaukset, raporttilomake	39
	Liite 3. Haastattelu, Juha Nieminen, rakennusmestari	40
	Liite 4. Haastattelu, Kari Rantanen, rakennusinsinööri.....	42

1 JOHDANTO

Betonirakenteiden sisältämä kosteus ja sen kuivuminen ovat hyvin merkittävässä roolissa rakennustyömailla. Betoni kuivuu varsin hitaasti, jolloin kuivumisaika tahdittaa työmaan aikataulua merkittävästi. Betonirakenteiden sisältämä kosteus saattaa aikataululisten ongelmien lisäksi aiheuttaa myös muita ongelmia. Lattiarakenteessa liiallinen kosteus estää lattian päällystämisen, sillä liian kostealle betonialustalle päällystäminen voi aiheuttaa vaurioita päällystemateriaalissa sekä epäterveellisiä päästöjä sisäilmaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja tarkastella betonia rakennusmateriaalina kosteudenhallinnan näkökulmasta ja samalla selvittää keinoja kosteusongelmien vähentämiseksi työmailla. Tarkoituksena on myös tuottaa rakennusyhtiö Hartela Oy:lle toimintaohje betonirakenteiden kosteudenhallinnasta, minkä avulla työmaalla pystytään toimimaan tehokkaammin betonin kuivumiseen ja kosteudenmittaamiseen liittyvissä työvaiheissa. Lisäksi toimintaohjeen tarkoitus on helpottaa toimintaa siten, että turhilta vaurioilta, aikatauluviivästyksiltä sekä rahallisilta tappioilta vältytään. Ohjeen on tarkoitus olla selkeä ja riittävän monipuolinen, jotta sitä voidaan käyttää yleisesti kaikilla työmailla ilman suuria muutoksia.

Suurimmat ja yleisimmät ongelmat betonin kosteuden kanssa liittyvät useimmiten lattiarakenteisiin yleensä päällystämisen vuoksi. Tämän asian ja työn turhan leviämisen välttämisen johdosta tämä opinnäytetyö on rajattu betonisiin lattiarakenteisiin ja seinärakenteisiin vain viitataan työn ohessa. Monet kohdat kuitenkin pätevät aivan yhtä hyvin myös seinärakenteisiin.

2 BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMIVUUS

2.1 Betonin kosteus

Betonirakenteet voivat sisältää rakennusaikana hyvinkin paljon kosteutta. Ennen kuin betonirakenteita voidaan päällystää, on huolehdittava siitä, että rakenne on kuivunut sen kosteusraja-arvon alle jonka valittu pinnoitusmateriaali vaatii. Betonirakenteen päällystäminen ennen sen riittävää kuivumista voi johtaa erilaisiin kosteusvaurioihin. Tällaisia voivat olla mm. päällysteen irtoaminen tai värjäytyminen, terveydelle haitallisten mikrobien ja emissioiden syntyminen sekä hajuhaitat. Terveydelle haitalliset sisäilmaongelmat ovatkin olleet viime aikoina paljon esillä ja se onkin yksi tärkeimmistä syistä huolehtia siitä, että betonirakenteet pääsevät kuivumaan riittävästi ennen päällystämistä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 432.)

Betonin kosteus on peräisin betonin valmistukseen käytetystä vedestä sekä betonin mahdollisesta kastumisesta rakennusaikana. Lisäksi pinnoitukseen käytetyt tasoitteet ja liimat lisäävät hieman betonin kosteutta. Maanvaraisesti valettu betonirakenne, joka on kosketuksessa maaperään, saattaa saada myös kosteutta maaperästä riippuen siitä, kuinka kosteaa maa-aines on. Betonin valmistukseen käytetyn veden määrä riippuu valitun betonilaadun maksimiraekoosta. Mitä pienempi maksimiraekoko on, sitä enemmän vettä betoni sisältää. Betonin sisäisestä kosteudesta ei ole yleensä haittaa itse betonille, mutta se saattaa aiheuttaa vaurioita muihin rakennusosiin, jotka ovat kosketuksissa betoniin. Tämän vuoksi rakenteet on suunniteltava siten, ettei betonista peräisin oleva kosteus pääse muihin rakenteisiin. Kuivuva betoni myös kutistuu, mikä saattaa aiheuttaa halkeilua, minkä vuoksi jälkihoito on hyvin tärkeää. (www.valmisbetoni.fi.)

2.2 Kosteuden aiheuttamat vauriot

Liian kosteana päällystetty betonirakenne voi aiheuttaa monenlaisia vaurioita sekä merkittäviä taloudellisia ja terveydellisiä haittoja. Itse betoniin kosteus voi vaikuttaa muun muassa halkeiluna kuivumisen aikana. (Merikallio 2009, 19.)

Betoni on huokoinen materiaali, jolloin se pystyy luovuttamaan sekä vastaanottamaan kosteutta. Näin ollen kosteus liikkuu betonissa, mikä voi aiheuttaa huomattavia muo-

donmuutoksia rakenteessa. Yksinkertaisesti betoni kutistuu kuivuessaan ja turpoaa kostuessaan. Näin ollen esimerkiksi pintarakenteet, kuten laatat saattavat vaurioitua ja irrota betonirakenteen muodonmuutosten vuoksi. Mikäli laatat kiinnitetään betonirakenteen ollessa liian kostea, betoni jatkaa kuivumistaan laattojen saumojen läpi ja kutistuu samalla. Laatat puolestaan eivät kutistu jolloin laattojen kiinnitykset vahingoittuvat, mikä saattaa johtaa laattojen irtoamiseen. Toisaalta myös betonin turpoaminen esimerkiksi kosteusvauriossa saattaa myös aiheuttaa laattojen irtoamisen. (Merikallio 2009, 19.)

Huokoiset lattiapäällysteet kuten esimerkiksi parketti, saattavat puolestaan turvota ja saada myös ulkonäöllisiä vaurioita jos alustabetonista pääsee imeytymään kosteutta päällysteeseen. Myös päällysteen irtoaminen on tällöin mahdollista. Päällysteiden pinnat saattavat myös värjäytyä ja kuplia kosteuden vuoksi. Koska vesi toimii myös liuottimena, saattaa kosteus olla myös hyvin vahingollista eri päällysteiden kiinnittämiseen käytettäville liimoille. (Merikallio 2009, 19.)

Yksi vakavimmista ongelmista liiallisen kosteuden vuoksi ovat sisäilmaongelmat, jotka voivat aiheuttaa terveydellisiä ongelmia. Koska lattiapäällystemateriaalien orgaanisten yhdisteiden haihtumisen on todettu kasvavan kun kosteus materiaalissa kasvaa, tämä voi aiheuttaa sisäilman huonontumista. Tämä myös aiheuttaa pahaa hajua ja värjää päällysteitä. Betoni epäorgaanisena aineena ehkäisee mikrobikasvua, mutta kostean betonirakenteen pinnan ja esimerkiksi päällysteen kiinnittämiseen käytettävän liiman välissä saattaa esiintyä mikrobikasvua sopivassa lämpötilassa. (Merikallio 2009, 19–20.)

Tämän tyyllisiltä ongelmilta voidaan pääosin välttyä huolellisen betonin kuivatuksen avulla ja estämällä lisäkosteuden pääsy rakenteeseen. Lisäksi riittävän useat ja huolellisesti suoritettut kosteusmittaukset sekä päällystemateriaalin kosteusvaatimukseen huolellinen tutustuminen auttavat ehkäisemään vaurioiden synnyn. Jos rakenteeseen siirtyvää kosteutta ei kuitenkaan pystytä täysin estämään, kuten maanvaraisissa lattioissa, täytyy päällystemateriaaliksi valita sellainen tuote, joka läpäisee vesihöyryä niin hyvin, ettei kosteutta pääse kertymään päällysteen alle. Liian tiiviin lattiapäällysteen alla kosteus saattaa myös kulkeutua lattian ja seinän rajakohtiin, mistä kosteus pääsee nousemaan ylöspäin ja aiheuttamaan vaurioita kyseisiin rajakohtiin esimerkiksi jalkalistojen kohdalle. (Merikallio 2009, 21.)

2.3 Betonin kuivuminen

Betonirakenteet kuivuvat verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin suhteellisen hitaasti. Kuivuminen on myös riippuvainen monesta tekijästä kuten käytetyn betonin ominaisuuksista, sääolosuhteista, rakenteen kuivumissuunnista sekä rakenneratkaisuista. (Merikallio 2002, 32.)

Hyvin usein betonirakenteiden kuivuminen tahdistaa koko työmaan sisätyövaiheen aikataulua, jolloin rakenteiden riittävän kuivumisen varmistamatta jättäminen voi aiheuttaa suuriakin ongelmia työmaan aikataulujen suhteen. Liian kostean rakenteen päällystäminen taas voi aiheuttaa suuriakin korjauskustannuksia tulevaisuudessa. (Merikallio 2002, 32.)

Yleisimmille betonirakenteille voidaan laatia kuivumisaika-arviot, joidenka avulla betonirakenteiden kuivumisaikaan voidaan varautua jo suunnitteluvaiheessa, jolloin kuivuminen voidaan myös huomioida jo alustavissa aikatauluissa. Kuivumisaikaan vaikuttavia betonin ominaisuuksia ovat mm. vesisementtisuhte, runkoaineen maksimiraekko, sementtilaatu, notkeus sekä lisäaineet. Muita kuivumisaikaan vaikuttavia asioita ovat jälkihoito, rakenneratkaisu sekä kuivumisolosuhteet kuten rakenteen kastumisaika, lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Arvioita tehdessä on myös oltava tiedossa valetun betonirakenteen lähtökosteustaso sekä kosteustaso, johonka rakenteen tulee kuivua ennen kuin se voidaan päällystää. (Merikallio 2002, 32.)

Mikäli kuivumisaika-arviot muodostuvat pidemmiksi kuin aikatauluun annettu aika, on ryhdyttävä erilaisiin korjaaviin toimenpiteisiin. Korjaavia toimenpiteitä voi olla esimerkiksi nopeammin kuivuvan betonilaadun valinta, kuivumisolosuhteiden parantaminen sekä sellaisen päällystemateriaalin valinta jolla on korkeampi kosteudenkestävyys. Arvioiden avulla voidaan myös määrittää oikeanlaiset olosuhteet rakenteen riittävän nopeaan kuivumiseen. Arviot ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia ja kosteusmittaukset ovat välttämättömiä tarkan kosteuden mittaamiseksi. (Merikallio 2002, 32.)

Betonin kuivumista jatkuu niin kauan kunnes betonissa olevien ilmahuokosten suhteellinen kosteus on sama kuin rakennetta ympäröivällä ilmalla. Toisin sanoen betoni kuivuu kunnes se on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristönsä kanssa. Raken-

nusaikana betonin täytyy kuitenkin kuivua vain pinnoitemateriaalinsa vaatimaan raja-arvoon asti, joka vaihtelee eri materiaalien välillä. (www.valmisbetoni.fi.)

Betonirakenteen kuivuminen on sitä hitaampaa mitä paksumpi rakenne on, sillä tällöin kosteudella on pitempi matka liikkua rakenteen läpi. Rakenteen kuivumiseen vaikuttaa merkittävästi myös se pääseekö rakenne kuivumaan yhteen vai useampaan suuntaan. (www.valmisbetoni.fi.)

Betonirakenne kuivuu kahdella eri tavalla, joko kemiallisesti eli sitoutumalla tai haihtumalla. Siihen, kuinka paljon kummallakin tavalla kosteutta poistuu, vaikuttaa merkittävästi betonin laatu. Esimerkiksi betonilaaduilla, joilla on alhainen vesi-sideainesuhde, kemiallisen kuivumisen määrä on suurempi kuin betonilaaduilla, joilla on korkea vesi-sideainesuhde. (Merikallio 2009, 21.)

Sitoutumiskuivuminen

Osa betonin valmistamiseen käytettävästä vedestä muodostaa sementin kanssa sementti-liiman, joka toimii sidosaineena runkoainesten välillä betonin kovettuessa. Tämä pitkän aikavälin reaktio on alussa nopeinta mutta hidastuu ajan myötä. Tätä reaktiota kutsutaan hydrataatioksi eli sitoutumiskuivumiseksi. Täydellisessä hydrataatiossa kemiallisesti sitoutuneen veden määrä on noin 25 painoprosenttia betoniin sekoitetun sementin määrästä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 432) Sitoutuneen veden määrä on yleisimmillä betonilaaduilla kuitenkin yleensä niin pieni, että sitoutumiskuivumisenkin jälkeen betonin suhteellinen kosteus voi olla vielä jopa 98 %. Tällöin loput tarvittavasta kuivumisesta tapahtuu haihtumalla. (Merikallio 2009, 21.)

Haihtumiskuivuminen

Sitoutumiskuivumisen jälkeenkin betoniin jää paljon vapaata, haihtumiskykyistä vettä. Tämä vesi siirtyy diffuusion ja kapillaarisen imun avulla pintaan, josta se haihtuu ilmaan. Tätä ilmiötä kutsutaan haihtumiskuivumiseksi. Haihtumiskuivumisen alkuvaiheessa kosteus siirtyy lähinnä kapillaarisen imun avulla. Kapillaarinen siirtyminen tapahtuu sillä edellytyksellä, että rakenteessa on yhtenäinen vedellä täyttynyt huokosverkosto. Näin ollen hydrataation edetessä huokosverkosto katkeaa tai rakenteen huokokset alkavat muuttua ilmatäytteisiksi jolloin kapillaarinen siirtyminen estyy ja tämän jälkeen

kosteuden siirtyminen betonissa tapahtuu pääasiassa diffuusion avulla. Pinnaltaan kostean betonirakenteen kuivuminen riippuu lähinnä rakenteen haihtumismahdollisuuksista. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 433.)

Diffuusiossa kosteuden siirtyminen perustuu huokoisen materiaalin, tässä tapauksessa betonin, eri osissa vallitseviin vesihöyryn osapaine-eroihin, jotka pyrkivät tasoittumaan. Kosteus siirtyy suuremmasta osapaineesta pienempään ja kun betonin pinnan huokosisa vesihöyryn osapaine laskee kosteuden haihtuessa ilmaan, syvemmältä rakenteesta diffusoituu vesihöyryä rakenteen pintaan. Tämän jälkeen kosteus haihtuu pinnasta ilmaan. Kapillaarisesti siirtyy paljon suurempia kosteusmääriä kuin diffuusiolla, joten kapillaarisen siirtymän loputtua betonirakenteen kuivuminen hidastuu huomattavasti. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 433.)

Normaaleilla betonilaaduilla haihtumisen merkitys on suurempi kuin sitoutumiskuivumisen. Rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa siirtymiskuivumiseen toisinpäin kuin sitoutumiskuivumiseen. Kosteutta siirtävä voima on sitä suurempi, mitä suurempi on rakenteen pinnan ja sisäosan välinen kosteusero. Kosteusero taas on sitä suurempi, mitä alhaisempi ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on. Betonin vesihöyryn läpäisevyys laskee kuitenkin jyrkästi betonin suhteellisen kosteuden laskiessa. Tällöin kosteuden siirtyminen pinnasta hidastuu. Optimaalisena ilman suhteellisena kosteutena betonin kuivumisen kannalta pidetään noin 50 %. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 434.)

Lämpötilan vaikutus kuivumiseen

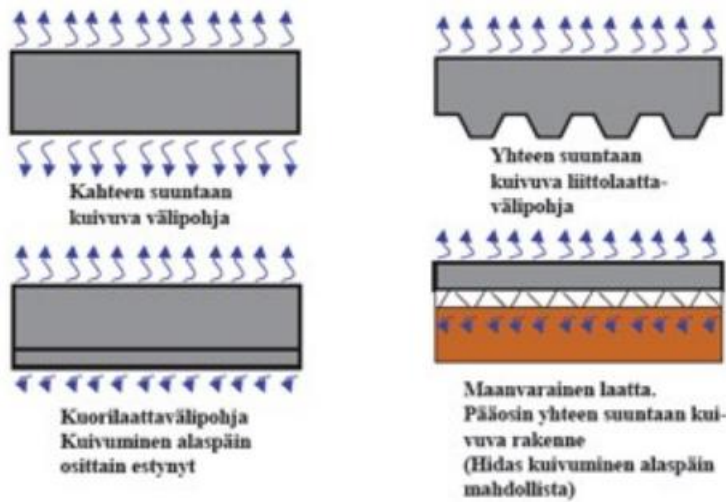
Lämmöllä on suuri vaikutus betonirakenteen kuivumiseen. Kun lämpötila nousee, vesihöyryn osapaine kasvaa betonin huokosissa ja näin kosteutta siirtävät voimat kasvavat. Useimmiten betonin riittävän nopea kuivuminen edellyttää ainakin +20 °C lämpötilaa ja kun lämpötila nousee tästä +25-30°C:een, kuivuminen nopeutuu selvästi. Näitä korkeampia lämpötiloja käytetään lähinnä vesivauriokohteiden pikakuivatuksissa. On myös otettava huomioon, että korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa ongelmia nuoressa betonissa. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 434.)

Betonin koostumuksen vaikutus kuivumiseen

Betonin koostumuksella on suuri merkitys siinä, kuinka paljon kosteutta pitää haihtua betonista tietyn kosteustilan saavuttamiseksi. Koostumus vaikuttaa myös siihen miten nopeasti haihtuminen tapahtuu. Betonin kapilaarihuokosten tilavuus pienenee sementin hydratoituessa ja näin ollen betonista tulee tiiviimpää ja veden siirtyminen on tällöin hitaampaa. Betonin kapillaarinen verkosto katkeaa sitä nopeammin, mitä alhaisempi betonin vesi-sideainesuhde on. Tällöin haihtumiskuivumisen osuus pienenee. Alhainen vesisideainesuhde aiheuttaa siis periaatteessa hitaamman haihtumisen, mutta tällöin betonissa olevan veden määrä on pienempi ja sementtimäärä suurempi, jolloin haihduttavan veden määrä jää pieneksi. Kun käytetään betonia, jossa on alhainen vesi-sideainesuhde, rakenteen paksuus ja ympäröivät kuivumisolosuhteet eivät vaikuta kuivumisnopeuteen yhtä paljoa kuin tavanomaista betonia käytettäessä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 434–435.)

Betonirakenteen vaikutus kuivumiseen

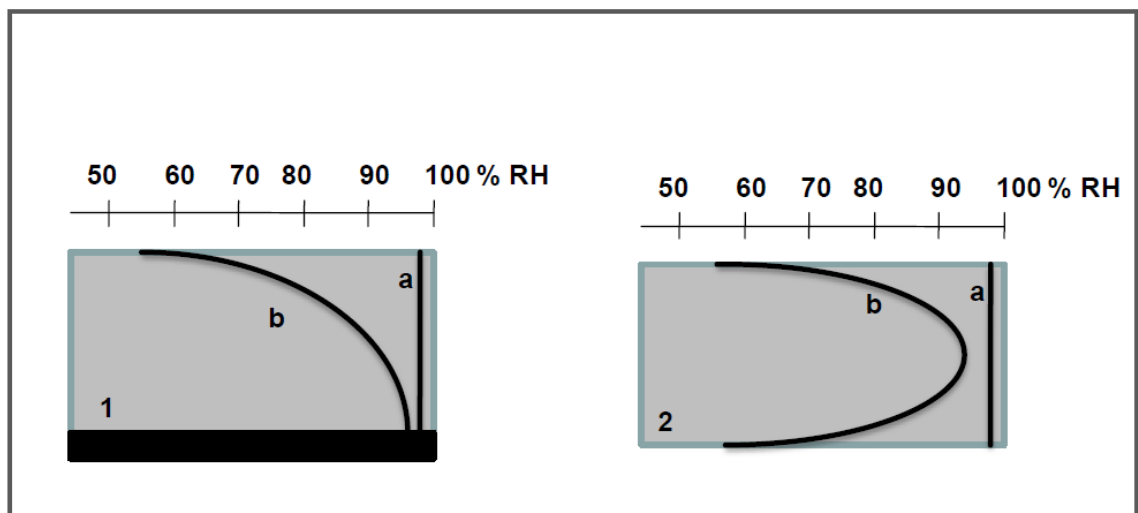
Betonisia lattiarakenteita on monia erilaisia ja ne käyttäytyvät erilailla kuivumistilanteissa. Kuivumiseen vaikuttaa suuresti myös se, pääseekö rakenne kuivumaan useampaan suuntaan vai onko kyseessä esimerkiksi muovin päälle valettu laatta joka, pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan. Myös maanvaraan valettu laatta kuivuu vain yhteen suuntaan, mikäli alla olevan maaperän vesihöyrypitoisuus on suurempi kuin laatan huokosilman. Tällaisessa tilanteessa laatta saattaa jopa kostua entisestään. Kuviosta 1 nähdään kuinka erilaiset rakenneratkaisut pääsevät kuivumaan. (Merikallio 2009, 23.)



KUVIO 1: Betonirakenteen kuivuminen erilaisissa rakenneratkaisuissa.

(www.valmisbetoni.fi.)

Betonirakenteen sisälle syntyy kuivuessa kosteusjakauma, joka riippuu suuresti kuivumissuunnasta. Mikäli rakenne pääsee kuivumaan vain yhteen suuntaan, on suurin suhteellinen kosteus rakenteen alaosassa ja kosteus pienenee pintaa kohti tultaessa. Mikäli rakenne pääsee kuivumaan kahteen suuntaan, esimerkiksi välipohjalaatta, on suurin suhteellinen kosteus laatan keskiosassa ja se pienenee laatan pintaa tai pohjaa kohti mentäessä. Kuviossa 2 nähdään kuinka erilaisilla kosteusjakaumat muodostuvat yhteen ja kahteen suuntaan kuivuvissa laatoissa. (Merikallio 2009, 23.)



KUVIO 2: Kosteusjakauma yhteen suuntaan kuivuvassa (1) sekä kahteen suuntaan kuivuvassa (2) betonilaatassa. (Merikallio 2009, 23.)

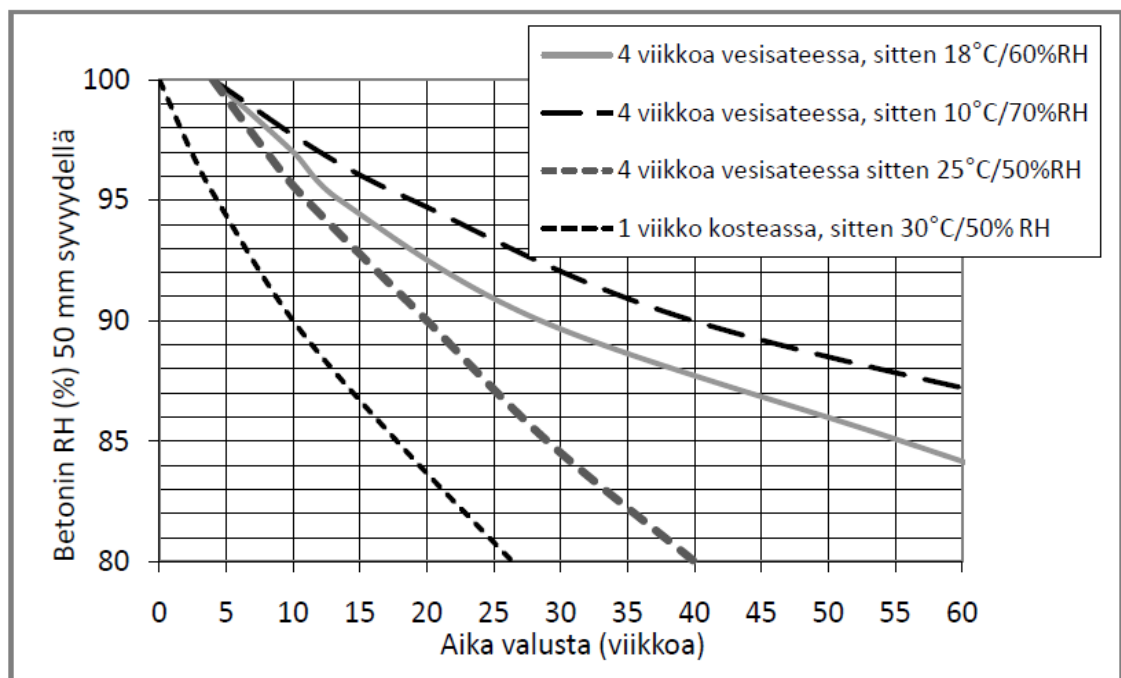
Rakenteen paksuus vaikuttaa myös merkittävästi rakenteen suuruuteen. Mitä paksumpi rakenne on, sitä pidemmän matkan kosteus joutuu liikkumaan ennen kuin se pääsee

haihtumaan, jolloin kuivuminen hidastuu. Rakenteen paksuuden kaksinkertaistaminen saattaa lisätä kuivumisajan jopa nelinkertaiseksi. (Merikallio 2009, 24.)

Betonin kuivumisen nopeuttaminen

Betonin kuivumista voidaan nopeuttaa monilla eri tavoin. Yksi tapa on valita betonilaaduksi suuriraekokoinen ja jäykkä massa, sillä mitä pienempi runkoaineen maksimirakekoko on, sitä suurempi on alkuperäinen veden määrä massassa. Voidaan myös valita nopeammin kuivuvia betonilaatuja. Nämä laadut perustuvat yleisesti normaalia betonia alhaisempiin vesisideainessuhteeseen sekä massan huokoistamiseen. (www.valmisbetoni.fi.)

Yhtenä tärkeänä tapana nopeuttaa kuivumista on estää rakenteen kastuminen rakennusaikana. On myös huomioitava, että betonirakenteeseen imeytyy vettä sitä enemmän, mitä myöhäisemmässä vaiheessa se pääsee kastumaan. Vesi imeytyy tässä vaiheessa betoniin kapillaarisesti, mutta poistuu diffuusiolla jolloin kosteuden imeytyminen on paljon nopeampaa kuin sen poistuminen. Rakenteen pitempiaikainen kastuminen saattaa pidentää kuivumisaikaa jopa useita viikkoja. Kuviosta 3 nähdään kuinka merkittävästi betonirakenteen kastuminen vaikuttaa kuivumisaikaan.



KUVIO 3: 250 mm paksun betonivälipohjan kuivumisnopeudet eri kuivumisolosuhteissa. Betonin vesi-sideainesuhde on 0,7. (Merikallio 2009, 25.)

Hyvät kuivumisolosuhteet ovat ensisijaisen tärkeä asia betonin kuivumisen kannalta. Ympäröivän ilman on oltava riittävän lämmin ja suhteellisen kosteuden oltava riittävän alhainen. Hyvänä kuivumisolosuhteena voidaan pitää vähintään +20 asteen lämpötilaa sekä alle 50 % suhteellista kosteutta. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 434; Merikallio 2009, 25; www.valmisbetoni.fi.)

Kuivuvan rakenteen pinta on myös syytä pitää puhtaana ja paljaana esimerkiksi pinnan hionta ja pölyn poisto. Myös haihtumista hidastavien tavaroiden säilyttämistä rakenteen päällä on syytä välttää. (www.valmisbetoni.fi)

Kaikista tehokkain tapa nopeuttaa betonin kuivumista on kuitenkin kasvattaa itse rakenteen sisäistä lämpötilaa (www.valmisbetoni.fi). Rakenteen sisäinen lämpötila vaikuttaa suuresti esimerkiksi sitoutumiskuivumiseen, sillä mitä korkeampi betonin lämpötila on, sitä täydellisemmin ja nopeammin sementti hydratoituu. Näin ollen veden kemialliseen reaktioon perustuva kuivuminen nopeutuu. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 434.)

Rakennustyömaan olosuhteidenhallinnalla pystytään myös vaikuttamaan betonin kuivumisen keston. Tarkoituksena on luoda sellaiset olosuhteet, että betonirakenne pääsee kuivumaan ilman häiriötekijöitä ja näin säästytään turhilta aikataulu- ja kustannusongelmilta. (www.valmisbetoni.fi.)

Betoni on huokoinen materiaali, joka sitoo kosteutta ja sen vuoksi kuivatetun rakenteen kastuminen tulee estää. Kosteuslähteitä voivat olla mm. lumi, vesi, ulkoilman vesihöyry ja maaperässä oleva kosteus. Mikäli betonirakenne pääsee kastumaan kuivumisvaiheessa, saattaa kosteus kulkeutua rakenteissa oleviin onkaloihin ja näiden kuivuminen voi olla erittäin hidasta. Kastumisen vaikutus kuivumiseen on sitä suurempi, mitä korkeampi betonin vesi-sideainesuhde on eli mitä alhaisempi lujuusluokka betonilla on. Vaikutus on myös sitä suurempi mitä myöhemmässä vaiheessa rakenne pääsee kastumaan. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 433; www.valmisbetoni.fi.)

Erilaisia keinoja betonirakenteen kastumisen ehkäisemiseksi ovat mm. holvin rakentaminen nopeasti tiiviiksi, rakenteiden suojaaminen sääsuojilla, rakennuksen vaipan teko nopeasti umpeen, vesivahinkojen välttäminen työmaalla ja niihin varautuminen, kosteuden poisto holvilta esim. holville sataneen lumen ja veden poisto sekä kosteuden tiivistymisen ehkäiseminen kylmiin pintoihin. (www.valmisbetoni.fi.)

Hyvien kuivumisolosuhteiden luominen

Kohteen oma lämmitysjärjestelmä on hyvä saada kuntoon niin pian kuin mahdollista, jotta lämpötila rakenteen ympärillä saadaan riittävän korkeaksi jo varhaisessa vaiheessa kuivumista. Jos kohteen omaa lämmitysjärjestelmää ei ole mahdollista saada toimintakuntoon riittävän ajoissa, on käytettävä lisälämmityslaitteita kuten lämpöpuhaltimia. Näin kannattaa tehdä myös jos kohteen oman lämmitysjärjestelmän teho ei ole riittävä tarvittavan suuren lämpötilan luomiseen. Lisälämmityslaitteiden tarvittavuus, saatavuus ja toimivuus on syytä varmistaa jo ajoissa ennen kuin niitä tarvitaan, jotta ne ovat heti käytössä kun niitä tarvitaan. (www.valmisbetoni.fi.)

Kuivatettavasta tilasta poistetaan ylimääräinen vesi ja lumi mekaanisesti ja huolehditaan siitä, että poistettava kosteus pääse tiivistymään muihin rakenteisiin. On siis huolehdittava ettei tilassa ole kylmiä pintoja, johonka kosteus pääsisi tiivistymään. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 4.)

LVIS-urakoitsijoiden kanssa on hyvä sopia etukäteen jos kohteen kuivatus tarvitsee erityistoimenpiteitä. Hyvän ilmanvaihdon varmistaminen on myös hyvä tapa edistää rakenteen kuivumista. Myös ulkoiset olosuhteet on huomioitava. (www.valmisbetoni.com.)

2.4 Betonirakenteiden suojaaminen

Valetun ja kuivumaan alkaneen betonirakenteen suojaaminen kastumiselta on rakenteen riittävän nopean kuivumisen kannalta äärimmäisen tärkeää. Jälkihoidolla rakenteen liian nopean kuivumisen ehkäisemiseksi, betonia saatetaan joutua kastelemaan valun jälkeen, mutta riittävän pitkän jälkihoidon jälkeen lisäkastuminen on estettävä. Betoni huokoisena materiaalina imee itseensä vettä ja jo kovettumaan päässeestä betonista kosteus ei enää poistu kemiallisesti sitoutumalla, joten kaikki uusi kosteus joutuu poistumaan haihtumalla, mikä kestää kauan. Kuviosta 2 näkyy kuinka merkittävästi kastuminen vaikuttaa kuivumisaikaan. Betonirakenteen kastuminen kuivumisen aikana onkin yksi suurimmista syistä rakenteen liian hitaaseen kuivumiseen. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 433.)

Rakennustyömaalla on aina syytä olla kosteudenhallintasuunnitelma, jotta mahdollisiin kosteusongelmiin voidaan varautua jo ennalta. Kosteudenhallintasuunnitelma tehdään joka työmaalle yksilöllisesti, sillä olosuhteet ja työskentelytavat ja –menetelmät vaihtelevat suuresti eri työmaiden välillä. Suunnitelmasta olisi syytä selvittää ainakin kosteusriskien kartoittaminen, kuivumisaika-arviot, olosuhteiden hallinta, kosteusmittausuunnitelma sekä kosteudenhallinnan organisointi ja valvonta. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 2.)

Betonilaatan suojaamisessa kosteudelta, tärkeintä on saada seuraava kerros mahdollisimman nopeasti vesitiiviiksi esimerkiksi kerrostalorakentamisessa seuraavan kerroksen laatta. Tämä tarkoittaa esimerkiksi läpivientien tiivistämistä vesitiiviiksi. Tämän vuoksi nopea pystytystahti on hyvä tapa lyhentää rakenteen mahdollista kastumisaikaa. Ylimmän kerroksen valun jälkeen puolestaan vesikatto on syytä saada tiiviiksi nopeasti. Ontelolaattoja käytettäessä on tärkeää tehdä kaikki laattaan liittyvät betonointityöt kerralla ja varsinkin talvella suojata laatasto heti nostojen jälkeen, jotta laattojen saumoihin ei pääse ylimääräistä kosteutta. On myös huolehdittava, että säilytysaikana laattojen onteloihin ei pääse vettä, sillä se voi aiheuttaa vakavia kosteusvaurioita myöhemmin. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 4.)

Rakennuksen julkisivut on myös hyvä saada tiiviiksi mahdollisimman nopeasti, jotta kuivumisolosuhteet ovat parhaat mahdolliset. Esimerkiksi ikkunat voidaan asentaa paikalleen jo tehtaalla jolloin kosteuden pääsy laatalle estyy esimerkiksi sateen johdosta. Myös oviaukot tulee suojata esimerkiksi väliaikaisilla ovilla, jotka voidaan myös eristää riittävän korkean kuivumislämpötilan aikaansaamiseksi. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 4.)

Jos on mahdollista, niin paras tapa suojautua rakenteeseen pääsevältä lisäkosteudelta on seurata sääennustuksia ja suorittaa työvaiheet sellaiseen aikaan kun olosuhteet ovat kuivat mahdollisimman pitkään. Tiukkojen aikataulujen vuoksi tämä ei ole yleensä mahdollista. Mikäli julkisivuja ja yläpuolista kerrosta ei saada tiiviiksi riittävän nopeasti tai olosuhteet muuten sen vaativat, on betonirakenne syytä suojata muulla tavalla esimerkiksi suojapeitteillä. Holvilla oleva ylimääräinen vesi voi olla myös haitallista seinärakenteille, esimerkiksi sandwich-elementeille. Vesi saattaa päästä valumaan avonaisiin eristekerrokseen ja aiheuttaa kosteusvaurioita seinässä. Tämän vuoksi on myös tärkeää

suojata seinäelementtien avonaiset yläosat esimerkiksi muovittamalla. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 5.)

Ylimääräisen veden poisto holvilta on ensiarvoisen tärkeää. Varsinkin talvella avonaiselle holville satanut lumi tulee poistaa mahdollisimman nopeasti. Lumen poistoa ei kuitenkaan tule tehdä sulattamalla vaan se tehdään mekaanisesti, sillä sulanut vesi voi päästä rakenteisiin. Vesi-imurin on syytä olla lähellä aina kun betonirakenteita kuivataan, jotta ylimääräinen vesi saadaan nopeasti ja tehokkaasti pois rakenteen päältä. (Merikallio: Rak.työmaan kost.hallinta, 4-5.)

2.5 Betonin kosteuden mittaaminen

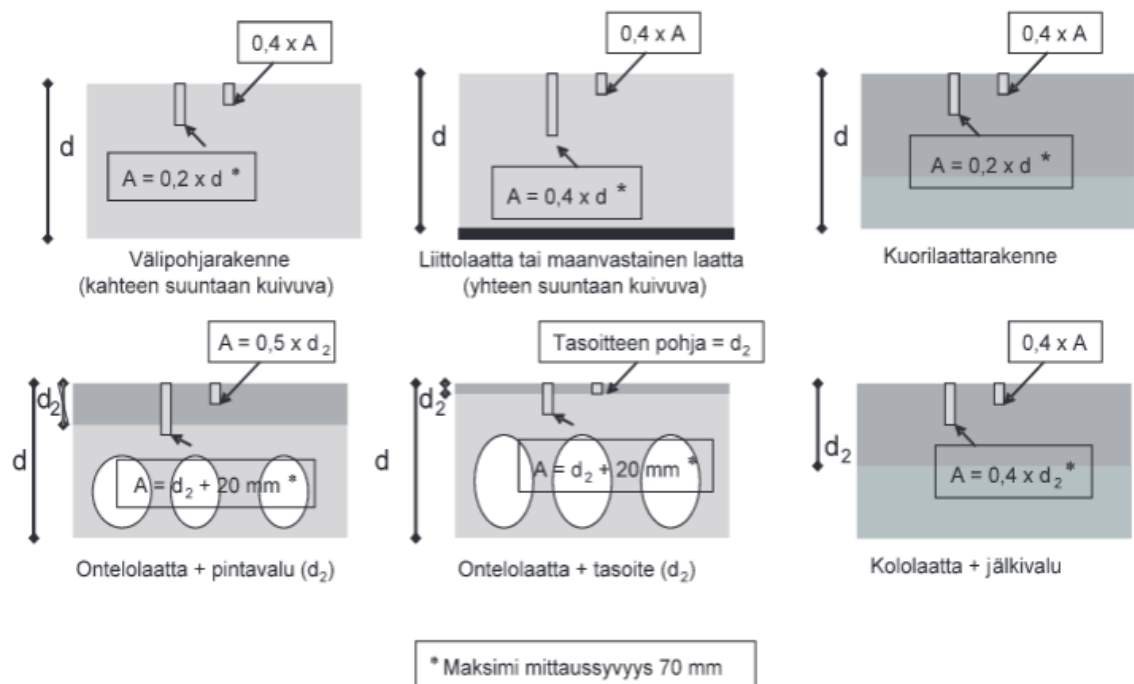
Betonirakenteen kosteutta mitataan, jotta voidaan selvittää rakenteen päällystämiskelpoisuus sekä kuivumiseen kuluva aika. Mittaukset suoritetaan edeltä valituista mittauskohdista. Mittauskohtia päätettäessä tulee ottaa huomioon rakenteen valupäivät, olosuhde-erot sekä rakenteiden kastuminen. Mittauskohtien määrä puolestaan päätetään tapauskohtaisesti. Minimiotantana ovat oletettu kuivin ja kostein kohta rakenteesta. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 436; Sami Niemi, 1.)

Ensimmäinen mittaus tehdään siinä vaiheessa kun rakennuksen vaippa on saatu suljetua ja kuivuminen on päässyt alkuun. Tällä tavoin selvitetään rakenteen lähtökosteus jota tarvitaan arvioidessa rakenteen kokonaiskuivumisaikaa. Loput mittaukset tehdään 2-4 viikon välein kunnes rakenne on riittävän kuiva pinnoitukseen. Viimeinen mittaus suoritetaan yleensä juuri ennen pinnoitustyön aloittamista, jolloin voidaan varmistua siitä, että rakenne on riittävän kuiva ja pinnoitustyö voidaan aloittaa turvallisin mielin. Viimeinen mittaus on myös yleensä laajempi kuin aikaisemmin tehtävät seurantamittaukset. Yleisimpien päällystemateriaalien raja-arvot ovat yleensä välillä 80-90 %. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 436; www.valmisbetoni.fi.)

Työmaalle kannattaa laatia enakkoon kosteusmittaussuunnitelma. Suunnitelmasta on hyvä käydä ilmi mm. mittausmenetelmä, mittausten aikataulu, laajuus sekä mittauspisteiden sijainti. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 436.)

Betonin kosteusmittaukset tehdään tätä varten kehitetyllä laitteistolla. Mittaukset on tehtävä rakennekohtaisesti oikealta syvyydeltä, jotta voidaan arvioida korkein kosteus-

määrä joka tasoittuu tulevan pinnoitteen alle. Pelkkä pintakosteusmittaus ei anna vastausta tähän. Oikea mittaussyvyys määritetään rakenteen paksuuden sekä kuivumissuuntien perusteella. Kuviossa 4 esitetään laskukaavat eri rakenneratkaisujen oikean mittaussyvyyden määrittämiseen. Tältä syvyydeltä saatu kosteuspitoisuus on tiiviillä pinnoitemateriaaleilla lähellä sitä kosteuspitoisuutta, joka tasapainottuu pinnoitteen alle. Tämä on sillä edellytyksellä, että betoni ei ole kosteampaa lähempänä pintaa kuin mittaussyvydellä. Tämän vuoksi suoritetaan myös mittaus lähempänä pintaa. Lähempää pintaa suoritettulla mittauksella varmistetaan, että kosteuden siirtyminen rakenteen pinnassa on riittävän hidasta ja, että betonin pintaosat pystyvät vastaanottamaan tasoitteista ja liimoista tulevan kosteuden. Pintaosien kosteus vaikuttaa silloin enemmän pinnoitteen alle tasapainottuvaan kosteusmäärään, kun päällystemateriaali on hyvin vesihöyryä läpäisevä. (Sami Niemi, 1-2.)



KUVIO 4: Eri rakennetyyppien mittaussyvydet. (Sami Niemi, 2.)

Betonin suhteellinen kosteus voidaan selvittää joko porareikämenetelmällä tai rakenteesta irrotetusta näytepalasta. Uudempana menetelmänä voidaan käyttää myös rakenteeseen jätettäviä antureita, jotka mahdollistavat mittauksen päällystämisen jälkeenkin. Porareikämenetelmässä kosteusmittauslaite asennetaan betonirakenteeseen oikeaan syvyyteen porattuun reikään. Näytepalamenetelmällä puolestaan suhteellinen kosteus mitataan laittamalla samaan koeputkeen kosteuspitoisuuden mittalaite sekä halutusta betonirakenteen kohdasta otetut betonimuruset. Betonimurujen kosteussisältö on huomatta-

vasti suurempi kuin koeputkessa olevan ilman kosteussisältö. Tämän vuoksi koeputkessa oleva ilma saavuttaa saman suhteellisen kosteuden kuin betonimurujen sisältämien huokosten sisältämä ilma riippumatta koeputkessa alkuun vallitsevast kosteuspitoisuudesta. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 436; Sami Niemi, 2.)

Porareikämittaus

Porareikämittauksessa on varmistettava, että mittauksen aikana ympäröivät olosuhteet pysyvät vakaina. Tämä tarkoittaa ajanjaksoa reiän poraamisesta mittaustulosten lukemiseen. Ympäröivän ilman ja reiässä olevan mittapään näyttämän lämpötilojen ero ei saa ylittää 2°C:tta. Reikää porattaessa on myös huolellisesti varmistuttava, ettei kohdalla kulje sähkö- tai vesiputkia. (Sami Niemi, 2.)

Reiät porataan rakenteeseen kuivamenetelmällä sen jälkeen kun on määritetty oikeat mittaussyvytydet. Porataan kaksi rinnakkaista reikää. Toinen syvemmälle rakenteeseen ja toinen lähemmäksi pintaa. Porauksen jälkeen reiät puhdistetaan huolellisesti irtoliasta ja pölystä, jonka jälkeen reikä tiivistetään. Reikä tiivistetään siten, että reikään laitetaan putki joka ylettyy pohjalle saakka ja sen jälkeen reiän ja putken yhtymäkohta tiivistetään esim. kitillä. Myös putken pää tiivistetään, jotta reikä olisi täysin eristyksissä ulkopuolisesta ilmasta. Tämän jälkeen mittausta paikka suojataan lämpötilavaihteluilta ja muilta häiriöiltä. (Sami Niemi, 2.)

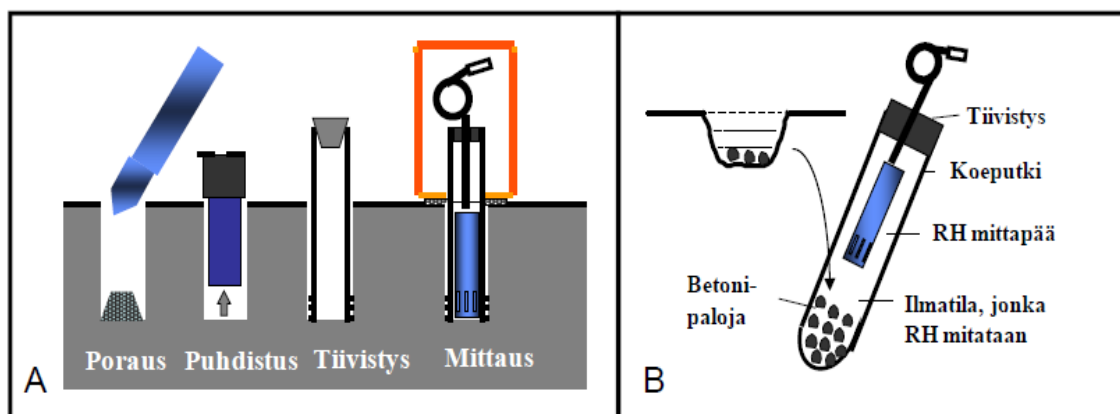
Porauksen jälkeen reiässä sijaitsevan ilman on annettava tasaantua kolme päivää ennen mittausta, sillä poraaminen muuttaa betonissa vallitsevaa kosteustasapainoa merkittävästi. Mittauslaitteiston mittapäiden tulee antaa tasaantua ympäröiviin olosuhteisiin ennen putkeen asennusta. Mittapäiden asennus reikiin tulee tehdä nopeasti ja putken pää on tämän jälkeen tiivistettävä nopeasti, etteivät kosteusolosuhteet ehdi muuttua reiässä. Mittauksen kesto riippuu käytettävästä mittaustalustosta sekä betonilaadusta. Nopeimmin mittaustalustojen mittapäiden kosteussensorit vaativat vähintään tunnin tasaantumisaian, joten mittapään tulee antaa tasaantua rauhassa oikeiden tulosten varmistamiseksi. Kuvassa 3 on havainnollistava kuva kosteuden mittaamisesta porareikä menetelmällä. (Sami Niemi, 2.)

Tuloksista kirjataan vähintään RH eli suhteellinen kosteus sekä lämpötila. Kirjataan myös mittausta paikka sekä mittaussyvyys ja huoneilman lämpötila ja suhteellinen koste-

Betoninäytteet, johon ei kuulu porauspöly eikä suuret runkoainepalaset, laitetaan koeputkeen. Kun näytteet laitetaan koeputkeen, mukanaan laitetaan myös mittauspää ja koeputken suu tiivistetään huolellisesti. Oikean mittaustuloksen varmistamiseksi näyttemurusia otetaan vähintään kaksi koeputkellista samasta mittaussyvyydestä. Betonimurujen määrä koeputkessa on noin 1/3 putken tilavuudesta, jotta betonimurusten sisäinen kosteus varmasti tasapainottuu koeputken ilmaan. (Sami Niemi, 3.)

Näytepalamenetelmällä mitatessa betonin lämpötila ja ilmankosteus voivat olla mitkä tahansa. On kuitenkin huolehdittava, että käytettävät koeputkien ja mittapäiden annetaan tasaantua mittaupaikan olosuhteisiin riittävän kauan. Tasaantumisaika riippuu käytettävän mittapään vaatimasta tasaantumisajasta, joka on yleensä 5-10 tuntia. Näytepalojen kosteusarvo nousee vähitellen oikeaan arvoon tasaantumisen aikana kun näytteenotto on tehty oikein. (Sami Niemi, 3.)

Mittauksen jälkeen koeputket tulee suojata lämpötilanmuutoksilta kuljetuksen aikana. Tasaantumisaikaa tulee pidentää, mikäli betonin lämpötila näytteenottohetkellä poikkeaa merkittävästi normaalista. Tasaantumisaikaa tulee pidentää myös silloin, kun käytetään lujempia betonilaatuja. Tasaantumisen jälkeen luetaan tulokset ja mittaus raportoidaan samoin kuin porareikämittauksessa. Kuviossa 6 on havainnollistava kuva näytepalamenetelmästä. (Sami Niemi, 3.)



KUVIO 6: Kosteuden mittaaminen betonirakenteesta käyttäen porareikämennetelmää (A) sekä näytepalamenetelmää (B). (Merikallio 2009, 61.)

Kosteuden mittaaminen valuun asennettavilla antureilla

Yhtenä uudempana kosteudenmittaustekniikkana voidaan myös käyttää menetelmää, jossa kosteusmittarin anturit asennetaan jo valuhetkellä betonin sisälle. Tällä tavoin rakenteita ei tarvitse jälkeenpäin rikkoa mittauksia varten. Tässä työssä esimerkkinä käytetään Wiiste Oy:n valmistamaa SolidRH-kosteudenmittauslaitetta.

Kuten porareikä- ja näytepalamenetelmissäkin, anturimenetelmällä mitattaessa tulee ensin selvittää oikeat mittauspajat sekä –syvyydet. Valuun asennettavia antureita käytettäessä on erittäin tärkeää, että asennuspajat kirjataan ylös, jotta anturien pajat löytävät helposti mittauksia tehdessä. Anturit sijoitetaan paikoille, joista niitä pystytään lukemaan helposti vielä myöhemminkin. On siis tarkastettava myöhemmin tulevien seinien ja kiinteiden kalusteiden pajat, jotta anturit eivät jää niiden alle. Kuvassa 1 on Wiiste Oy:n SolidRH SH1-kosteus-jalämpötila-anturi (Wiiste Oy: SolidRH käyttöohje, 8-9.)



KUVA 1: SolidRH SH1-kosteus- ja lämpötila-anturi. (Wiiste Oy: SolidRH käyttöohje, 8.)

Anturit asennetaan valuun suoraan siten, että anturin yläpinta jää betonin pinnan tasalle. Mittaussyvyys on jo valmiiksi ohjelmoitu anturin muistiin. Tämän jälkeen valun pinta voidaan viimeistellä. Valuun asennettu anturi on aina mittausvalmiudessa. Mittaustulos luetaan erillisellä lukulaitteella. Laite tunnistaa anturin valun sisältä ja kun laite on riittävän lähellä anturia, se lukee tulokset ja tallentaa ne lukulaitteeseen. Wiiste Oy:n SolidRH-lukulaite näkyy kuvassa 2. (Wiiste Oy: SolidRH käyttöohje, 9-11.)



1	USB-liitin
2	Ympäristön olosuhdemittauksen sensori
3	Merkkivalot
4	Näyttö
5	Toimintonäppäin / virtanäppäin
6	Nuolinäppäimet
7	Toimintonäppäin
8	Liipaisin
9	Akkukotelon kansi
10	Akku
11	Akun pidike ja irrotushihna

KUVA 2: SolidRH RD1-lukulaite. (Wiiste Oy: SolidRH käyttöohje, 10)

Valuun asennettavia antureita käytettäessä pystytään rakenteen poraamisen välttämisen lisäksi vähentämään mittauksen aikana syntyviä inhimillisiä mittajan virheitä, kunhan anturit asennetaan oikein. Tälläkin mittauksella on kuitenkin huolehdittava siitä, että mittausolosuhteet ovat oikeanlaiset ja betonin lämpötila oikea. Mittaaminen on myös nopeampaa, kun mittausreikien ja mittapäiden tasaantumiseen ei kulu aikaa. Koska anturit jäävät rakenteeseen, voidaan mittauksia suorittaa vielä rakennuksen valmistumisen jälkeen ilman, että rakenteita tarvitsee rikkoa. (www.wiiste.com.)

Mittaustarkkuus

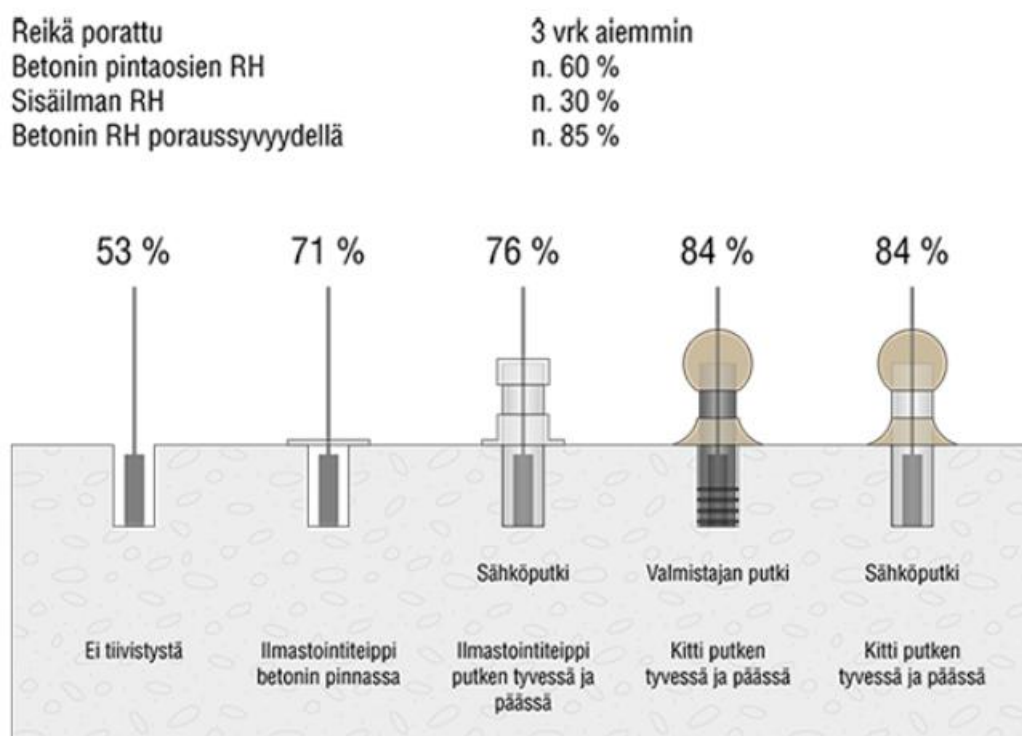
Betonirakenteen kosteudenmittausten tuloksien mittaustarkkuuteen vaikuttaa monet tekijät. Näitä ovat käytettyjen mittalaitteiden tarkkuudet, virheet mittauksissa sekä olosuhteiden vaikutukset mittauksituloksiin. Oikeiden ja tarkkojen mittauksitulosten varmistamiseksi mittaaminen on tehtävä huolella ja ohjeiden mukaisesti. Mittausvirheet ja heitot

tuloksissa on otettava huomioon tuloksia tarkastellessa. Mittatarkkuuden varmistamiseksi olisi syytä käyttää vain sertifioituja mittavälineitä. (Sami Niemi.)

Kosteusmittauksissa oikeiden tulosten varmistamiseksi on huolehdittava mittausvälineiden kunnosta ja tarkkuudesta. Mittalaitteen tarkkuuteen vaikuttaa eniten se, kuinka kauan aikaa on kulunut siitä kun sen tarkkuus on tarkastettu tunnetussa vertailukosteuspitoisuudessa. Tarkkuuteen vaikuttaa myös laitteen ikä ja käyttömäärä. Käytössä laite likaantuu ja kuluu, jolloin laitteen mittatarkkuus heikentyy. Likaantumisen ja kulumisen johdosta laitteiden kosteusnäyttämät liikkuvat yleensä liian alhaisiksi. Tämä muutos voi olla hyvinkin suuri, jopa useita RH-yksiköitä vuodessa. Mittapään ikääntyessä myös aika, jonka pää tarvitsee tasaantuakseen, saattaa pidentyä. Se, kuinka kauan mittapää tarvitsee aikaa tasaantuakseen, riippuu kosteussensorin kosteuskapasiteetti sekä mittapään varren tiiveys. (Sami Niemi, 3.)

Mittaustapa vaikuttaa merkittävästi saatuihin tuloksiin. Tämän vuoksi mittaus tulee tehdä erittäin huolellisesti. Esimerkiksi jos mittaus tehdään liian aikaisin porauksen jälkeen, mittaustulos saattaa heittää 1-10 RH-yksikköä ylöspäin oikeasta arvosta. Muut porareikämenetelmällä tehtävät mittausvirheet aiheuttavat yleensä liian alhaisia mittaustuloksia. Tällaisia virheitä voivat olla mm. mittaustuloksen ja mittapään huono tiivistäminen, liian lyhyt mittapään tasaantumisaika tai vääränlaiset mittaolosuhteet. (Sami Niemi, 4.)

Huono tiivistäminen aiheuttaa sitä suuremman mittausvirheen, mitä suurempi kosteusero betonissa on mittaussyvyydellä ja pintaosissa. Huonon tiivistämisen vaikutuksia mittaustulokseen voi nähdä kuviossa 7. Huolimaton tiivistäminen voi aiheuttaa 5 RH-yksikköä liian pienen tuloksen vaikka käytettäisiin mittaustuloketta. Jos mittaustuloketta ei käytetä ja mittapää tiivistetään betonin pintaan, tulokset saattavat heittää jopa 15 RH-yksikköä alaspäin oikeasta arvosta tilanteessa, jossa betonin pintaosat ovat kuivemmat kuin mittaussyvyydellä, vaikka mittaus olisi tehty oikealta syvyydeltä. Jos betonin pintaosat taas ovat kosteammalla mittaussyvyydellä, saatetaan mittaussyvyydeltäkin saada korkeita kosteustuloksia, jos mittauksessa ei ole käytetty mittaustuloketta. Tämä saattaa aiheuttaa turhia viivästyksiä aikatauluun kun luullaan, että betoni on syvältä vielä liian kostea vaikka todellisuudessa betonin voisi jo päällystää. (Sami Niemi, 4.)



KUVIO 7: Tiivistämisen vaikutus mittaustuloksiin. (www.uniikkitalo.blogspot.fi)

Porareikämittauksissa olosuhteet ovat hyvin merkittävässä asemassa. Vääränlaisissa olosuhteissa tehty porareikämittaus saattaa antaa täysin vääränlaiset tulokset. Esimerkiksi jos betoni on merkittävästi viileämpää kuin normaalilämpötila +20 °C, mitatut RH-arvot ovat yleensä liian alhaisia. Jos taas betoni on merkittävästi lämpimämpää kuin +20 °C, mitatut RH-arvot ovat yleensä liian korkeita. Tarkkoja mittauksia porareikämenetelmällä voidaan siis saada vain lämpötilassa +15°C -+20°C. Ympäröivän ilman lämpötila ei saa myöskään erota liikaa mitattavan betonin lämpötilasta. Tämä lämpötilaero ei saa olla yli 5°C:tta. Myös mittapään tulee olla samoissa lämpötiloissa kuin mitattava betoni. Betonin lämpötilaa korkeammassa lämpötilassa oleva mittapää antaa yleensä liian alhaisia RH-arvoja ja liian viileä mittapää taas liian korkeita RH-arvoja. Yleisesti lämpötilatekijöistä voi aiheutua jopa runsaasti yli 10 RH-yksikön virheitä. (Sami Niemi, 4.)

Yksittäisissä epätarkkuustekijöissä mittatarkkuus voidaan saada hyvinkin pieneksi huolellisella mittaamisella, mutta kun eri epätarkkuustekijät vaikuttavat samassa mittauksessa, saattaa mittatarkkuus heittää merkittävästi. (Sami Niemi, 4.)

Näytepalamittauksella on helpompi saada tarkkoja tuloksia kuin porareikämenetelmällä. Näytepalamenetelmä poistaa olosuhteista johtuvat epätarkkuustekijät, jolloin mittauksen

tarkkuutta voi heikentää vain liian vähäinen näytteen määrä, näytteenotto väärältä syvyydeltä tai näytteenotto porauksen vaikutuksen alaiseksi joutuneesta betonista. (Sami Niemi, 4.)

2.6 Betonirakenteen päällystettävyyys

Betoni on itsessään hyvin kosteutta kestävä materiaali, mutta betonin sisältämät emäkiset yhdisteet yhdessä kosteuden kanssa voivat aiheuttaa vaurioita päällyste- ja pinnoitusmateriaaleissa sekä päällysteen kiinnitysaineissa. Kosteuspitoisuus betonirakenteen sisällä saa olla hyvinkin korkea, kunhan välittömästi päällysteen alla kosteus ei nouse liian korkeaksi. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 435.)

On siis varmistuttava, että betoni on päässyt kuivumaan kriittisen kosteusarvon alle. Kriittinen kosteusarvo tarkoittaa sitä kosteusarvoa, jonka alle betonin tulee kuivua ennen valitun pinnoitusmateriaalin asentamista. Kriittinen kosteusarvo riippuu siis pinnoitusmateriaalista. Tämä raja-arvo on parketeilla, laminaateilla ja muovimatoilla 85 %RH. Jos käytetään alustaan liimattavia pinnoitusmateriaaleja, on suhteellisen kosteuden oltava pintaosissa vähintään alle 75 %, jotta liiman sisältämä kosteus ei aiheuta ongelmia vaan se pääsee imeytymään alustaan riittävän hyvin. Annetuissa raja-arvoissa on varmuusmarginaalia, koska ne eivät ota huomioon materiaalikohtaisia eroja. Jos päällystemateriaalista tiedetään enemmän esim. vesihöyrynläpäisevyys, voidaan annetuista raja-arvoista poiketa. (Sami Niemi, 4-5.)

TAULUKKO 1: Eri päällystemateriaalien vaatimia alustabetonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja eri julkaisuissa. (Merikallio 2009, 37.)

Alustabetonin suhteellisen kosteuden RH (%) enimmäisarvot päällystysaikalla				
Päällystemateriaali	SisäRYL 2000	by45/BLY7 Betonilattiat 2002	by 47 Betoniraken- tamisen laatuohjeet 2007 ¹⁾	Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet (2007) ^{1) 2)}
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %	85 %	-	85 % (normaalibe- toni) 90 % (v/s < 0,5)
Mosaiikkiparketti	80 %	80 % (pinta < 75 %)	85 % 90 % (v/s < 0,5)	85 % 90 % (v/s < 0,5)
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	90 %	85 % 90 % (kost. kestävä tasoite tai ei tasoitetta)	85 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	-	85 %	85 %
Huopa ja solumuovipoh- jaiset muovimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Muovimatot ilman huo- pa- tai solumuovipohjaa	90 %	90 %	85 %	85 %
Kumimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Linoleumi	90 %	90 %	85 %	85 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %	85 %	85 %	85 %
Täyssynteettiset tekstii- limatot ilman alusraken- netta	90 %	90 %	90 %	90 %
Muovilaatat	90 %	90 %	90 %	90 %

1) Kaikkien materiaalien kohdalla edellytetään lisäksi, että betonin suhteellinen kosteus rakenteen pinta-
osissa 1-3 cm:n syvyydellä on alle 75 %.

2) Julkaisussa *Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen* (2007) on samat arvot.

Korjausrakentamisessa tulee käyttää alhaisempia raja-arvoja kuin annetut raja-arvot, sillä ikääntyessään betoni imee itseensä epäpuhtauksia ja iäkkäämmän betonin alkali-
suus on alhaisempi. Alhaisemmassa alkalisuudessa betonin ph-arvo on pienempi, jolloin
mikrobikasvu on helpompaa kuin tuoreessa betonissa. (Sami Niemi, 4-5.)

Kun betonirakenne kuivuu, siihen syntyy yleensä kosteusjakauma. Tämä tarkoittaa sitä,
että rakenteen pintaosat ovat suhteellisen kuivat, mutta mentäessä syvemmälle rakentee-
seen kosteuspitoisuus kasvaa. Tämä kosteusjakauma saattaa olla hyvinkin jyrkkä. Pin-
nassa noin 0-1 cm syvyydellä, rakenteen suhteellinen kosteus saattaa olla 30 %, 2 cm

syvyydellä 75 %, 5 cm syvyydellä 90 % ja 7 cm syvyydellä jo yli 90 %. Tämä kosteus siirtyy ajan myötä pintaan ja haihtuu siitä ilmaan. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 435.)

Kun betonirakenne on päällystetty, kosteuden poistuminen rakenteesta hidastuu. Siihen, että kuinka paljon kosteuden poistuminen hidastuu, vaikuttaa suuresti pinnoitemateriaalin vesihöyrynläpäisevyys. Jos rakenne on saanut kuivua riittävän pitkään ennen päällystämistä, on kosteuden siirtyminen syvemmältä rakenteesta pintaan jo niin hidasta, että tämä kosteus ehtii haihtua vesihöyryä läpäisevän pinnoitemateriaalin läpi eikä pääse kerääntymään pinnoitteen alle aiheuttaen vaurioita. Jos taas betoni ei ole päässyt kuivumaan tarpeeksi ja kosteuden siirtyminen pintaan on voimakasta, saattaa huonosti vesihöyryä läpäisevän pinnoitteen alle kerääntyä kosteutta, joka sitten aiheuttaa vaurioita. Näin ollen voidaan siis sanoa, että pinnoitemateriaalin vaurioon vaikuttaa eniten kosteusvirran voimakkuus sekä pinnoitusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 435.)

Huomioon on otettava myös pinnoitemateriaalin kiinnitysaineen esim. liiman sisältämä kosteus. Jos esimerkiksi betonirakenteen pintaosat ovat liian kosteat, pelkkä liiman sisältämä kosteus voi saada aikaan sen, että päällysteen alla suhteellinen kosteus saattaa nousta välittömästi yli kriittisen arvon, jolloin vaurioituminen saattaa alkaa hyvinkin nopeasti. Betonirakenteen pintaosia voidaan yleisesti riittävän kuivana, kun betonin suhteellinen kosteus on alle 75% 2-3 cm syvyydellä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 436.)

Tasoitteita käytettäessä on myös huomioitava niiden kosteus. Tasoitteiden kosteus pääsee imeytymään myös betonin pintakerrokseen vaikka käytettäisiin pohjustetta. Tämän kosteuden poistumiseen kuluva aika vaihtelee tuotteittain ja riippuu myös tasoiokerroksen paksuudesta sekä siitä kuinka syvälle betoniin kosteus pääsee imeytymään, joten on selvittettävä käytetyn tasoitteen vaadittu kuivumisaika ennen päällystämistä. (Sami Nieminen, 5.)

3 KOSTEUDENHALLINTAOHJEEN KEHITTÄMINEN

3.1 Kosteudenhallintaohjeen ja kosteudenmittauslomakkeen tarkoitus

Tämän opinnäytetyön osana on tarkoitus tuottaa toimintaohje, jonka avulla betonirakenteiden kosteudesta aiheutuvien ongelmien ja vaurioiden määrä voidaan minimoida mahdollisimman pieneksi. Toimintaohjeessa on otettu huomioon tässä työssä tutkitut osat alueet betonin kosteuteen ja kuivumiseen liittyen sekä jo käytössä olevien menetelmien käyttö ja parantaminen. Tarkoitus on, että ohje on käyttökelpoinen jokaisella työmaalla riippumatta kohteesta. Pienetkin unohdukset ja huolimattomuudet kosteudenhallinnassa voivat aiheuttaa suuria ongelmia työmailla ja tämän ohjeen tarkoituksena on päästä eroon näistä huolimattomuuksista.

Vaikka kosteudenhallinta ja betonirakenteen kuivuminen olisi tehty ensiluokkaisesti, voi ongelmia syntyä silti, jos kosteudenmittaamisessa tapahtuu virheitä. Väärä tulos mittauksessa voi aiheuttaa esimerkiksi betonilattian liian aikaisen päällystämisen kun on luultu rakennetta kuivemmaksi kuin se tosiasiassa onkaan. Tämän vuoksi työssä on tutkittu myös erilaisia kosteudenmittausmenetelmiä ja niiden vahvuuksia ja heikkouksia. Tämän lisäksi työn osana tehtiin kosteudenmittauslomake, jossa tarkoituksena on se, että työnjohto sekä kosteusmittauksen tekijä kuittaavat jokaisen mittauskerran oikein suoritetuksi ja raportoivat jos mittauksessa tai tuloksissa on jotain outoa. Lopulta myös rakennustyön valvoja kuittaa lomakkeen, josta näkyy, että mittaukset on tehty riittävän usein ja työnjohto on kuitannut, että mittaukset on suoritettu huolellisesti. Itse mittaustulokset kirjataan työmaalla erikseen tehtäviin taulukoihin, sillä kosteusmittausmenetelmät, määrät ja paikat vaihtelevat työmaittain niin paljon, että yhden yleisesti toimivan taulukon teko on käytännössä mahdotonta.

3.2 Betonin kosteus ja kuivuminen

Kosteuden poistuminen betonista on varsin hidasta ja jos siihen ei varauduta huolella, se voi aiheuttaa suuriakin viivästyksiä aikataulussa ja pahimmillaan erittäin kalliita korjaustoimenpiteitä. Varsinkin betonirakenteiden päällystämisen yhteydessä on oltava erityisen tarkkana betonin kosteuden kanssa. Liian kostean rakenteen päälle päällystäminen saattaa aiheuttaa merkittäviä vaurioita päällysteeseen sekä ongelmia sisäilmaan.

Betonin kosteuteen liittyvät ongelmat ovat olleet tiedossa jo pitkään, mutta kyseisiä ongelmia esiintyy silti aivan liian usein. Syitä tähän voi olla lukemattomia, joista esimerkeinä voisi mainita inhimilliset virheet työvaiheissa, riittämätön tieto aiheesta sekä huolimattomuus. Betonirakenteiden kosteustekniikassa on niin paljon muuttuvia ja vaikuttavia asioita, että ongelmia voi syntyä vaikka asiaan perehdyttäisiinkin kunnolla. Asian ongelmallisuuden vuoksi olisi kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, että työmaalla aiheen parissa työskentelevät olisivat perillä asiasta ainakin siten, että turhat ja vältettävät ongelmat saataisiin karsittua minimiin.

Tärkeimpänä huomioitavana tekijänä betonirakenteen kuivumisen suhteen on olosuhteiden hallinta. Rakenteen kuivumisolosuhteet ovat merkittävin tekijä kuivumisnopeuteen. Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä betonirakenteen kastuminen vaikuttavat kuivumiseen merkittävästi ja sen vuoksi asiaan tulisi keskittyä vielä nykyistäkin enemmän. Esimerkiksi betonin kastuminen kuivumisvaiheessa lisää kuivumisaikaa merkittävästi, jolloin rakenteen suojaamiseen kuluvalla ajalla saatetaan säästää lopulta viikkoja. Yhtenä vaihtoehtona ovat sääsuojat mutta ne eivät aina ole mahdollisia, joten parhaista suojaustavoista on päätettävä työmaakohtaisesti.

3.3 Kosteusmittaukset

Kosteusmittausten rooli kosteudenhallinnassa on erittäin suuri. Vaikka betonirakenteen kuivumisen suhteen kaikki tehtäisiin oikein, voidaan virheellisellä mittauksella saada aikaan merkittäviä vahinkoja. Tämän vuoksi mittauksiin on keskityttävä aivan yhtä paljon kuin betonin kosteudenhallintaan. Kosteudenmittauksia voidaan tehdä joko itse tai sitten käyttämällä ulkopuolista mittauspalvelua. Ulkopuolinen mittauspalvelu voi olla kallista, jolloin usein päädytään siihen, että mittaukset tehdään itse. Tällöin virheiden riski kasvaa, mutta huolellisesti tehtynä mittaukset voidaan tehdä onnistuneesti myös itse.

Kosteudenmittauksilla varmistutaan, että rakenne on kuivunut riittävästi ennen seuraavia työvaiheita. Betonirakenteiden päällystäminen on vaihe, jossa on oltava varma siitä, että rakenteen kosteusarvo on materiaalin vaatiman kosteusarvon alla. Tutkimustyön aikana selvisi, että mittausvirheistä johtuvia kosteusongelmia tapahtuu yllättävän paljon, minkä vuoksi mittauksen kehittäminen on hyvin tärkeä asia.

Mittaustekniikoita on erilaisia, mutta yleisimpänä tekniikkana näyttää olevan porareikämittaus. Porareikämenetelmällä mittaukset voidaan tehdä tarkasti mutta menetelmässä on monta virhealtista kohtaa, minkä vuoksi tätä tekniikkaa käytettäessä mittajaan on syytä olla hyvin perillä menetelmästä ja ennen kaikkea huolellinen. Useimmissa mittauksiin liittyvissä ongelmatapauksissa on käytetty porareikämenetelmää, minkä vuoksi uudempien menetelmien käyttöä kannattaa vakavasti harkita varsinkin jos yrityksellä on ollut enemmänkin ongelmia mittausten kanssa.

Muita mittaustekniikoita ovat näytepalamenetelmä sekä valuun asennettavat mittausanturit. Näissä menetelmissä mittajaan virheiden riski on pienempi mutta myös näissä menetelmissä on riskinsä, joten näitäkin käytettäessä on oltava tarkkana. Nämä menetelmät ovat varteenotettavia vaihtoehtoja perinteisellä porareikämenetelmälle ja niihin kannattaa tutustua.

3.4 Haastattelut

Betonirakenteiden kosteusongelmia tutkiessa ja ratkaisuja näihin ongelmiin etsittäessä tarvittiin myös kokemusta oikeilta työmailta. Tämän vuoksi yhtenä osana tutkimustyötä suoritettiin haastatteluja Hartelan työnjohtajille. Haastattelujen päätarkoituksena oli saada oikeaa ja ajankohtaista tietoa ja kokemuksia työmailta, jotta nähdään missä suurimmat ongelmakohdat sijaitsevat. Samalla saatiin tietoon millä tasolla yrityksen kosteudenhallinta betonirakenteiden kohdalla on tällä hetkellä.

Haastattelukysymykset lähetettiin kahdelle eri Hartelan työnjohtajalle sähköpostilla, joissa tiedusteltiin heidän kokemuksiaan aiheeseen liittyen. Kysymykset painottuivat pääosin kokemuksiin ongelmista betonin kosteuden ja rakenteiden kuivattamisen kanssa. Haastatteluissa tiedusteltiin myös Hartelan käyttämiä kosteudenmittaustapoja ja niihin liittyviä ongelmia ja virheitä. Haastatteluiden tarkoituksena olisi siis myös saada selville mitä kaikkia mittausten menetelmiä yrityksessä on käytetty ja minkälaisia ongelmia niissä on mahdollisesti ilmennyt. Haastatteluihin osallistuivat Hartelan työnjohtajista rakennusinsinööri Kari Rantanen sekä rakennusmestari Juha Nieminen. Tarkat haastattelukysymykset ja vastaukset löytyvät liitteistä 3-5.

Vastaukset

Haastattelujen vastauksista voidaan päätellä, että suurimmat ongelmat Hartelan työmailloivat ovat olleet mittauksen kanssa. Mittauksia on tehty pääosin itse mutta on myös käytetty ulkopuolista mittausta. Ongelmat omissa mittauksissa ovat johtuneet laitteiston kalibroinnin puutteellisuudesta sekä mittauspaikkojen häiriintymisestä. Myös oikeissa mittausvyöyksissä on ollut vaikeuksia. Mittauspaikkojen häiriintymisen vuoksi mittauspaikkojen suojaus on oltava riittävän hyvällä tasolla ja paikat on oltava tiedossa kaikilla työntekijöillä, jotta esimerkiksi mittausputkia ei potkita irti paikoiltaan kun niitä ei ole osattu varoa.

Mittaustekniikkana on käytetty porareikämittausta ja ongelmat huomioon ottaen voisi olla hyödyllistä kokeilla toisia tekniikoita joillakin työmailla ja saada näin kokemuksia niistä tekniikoista, jotta myöhemmin voidaan päättää paras mahdollinen mittausmenetelmä työmaakohtaisesti.

Betonirakenteiden kuivumisen suhteen ongelmia on lähinnä ollut rakenteiden suojaamisessa sekä oikeanlaisten kuivumisolosuhteiden varmistamisessa. Vaikeissa olosuhteissa kuivatettavan tilan vaippa olisi hyvä saada nopeasti tiiviiksi, mutta se ei ole aina mahdollista esimerkiksi tilanteissa joissa kuivatettavaan tilaan täytyy tuoda tavaraa tai laitteistoa katon kautta esimerkiksi IV-konehuoneessa.

Aikatauluissa kuivumisen viemä aika on otettu hyvin huomioon, jolloin turhilta aikatauluviivästyksiltä on välttytty. Erilaiset rakenneratkaisut ovat myös aiheuttaneet ongelmia betonin kuivumisessa esimerkiksi perusvalun päälle tehdyt rakenteet ja pinnoitukset ovat hidastaneet alemman betonirakenteen kuivumista kun kuivumissuunnat ovat vähentyneet.

Rakenteiden suojauksen merkitys tulee vahvasti esille myös haastatteluissa, mikä vahvistaa asian tärkeyttä ja siihen panostamista. Varsinkin haastavissa tilanteissa, missä suojaaminen on hankalaa, täytyisi sitä suunnitella jo riittävän aikaisin etukäteen, ettei sitten tilanteen tullen tule turhia ongelmia.

Yhteenvetona haastattelujen perusteella voisi sanoa, että kosteusmittauksissa esiintyneiden ongelmien johdosta uusia tekniikoita voisi kokeilla ja mittauksia täytyisi ehkä valvoa hieman tarkemmin, jotta vääränlaisia tuloksia ei tulisi virheistä. Myös laitteiston kalibroiminen riittävän usein tulee varmistaa ja mahdollisesti laitteistoa voisi uusia. Betonirakenteiden kuivumisen kannalta ongelmat ovat vähäisempiä mutta niissäkin huolellisuus ja hyvä suojauksen suunnittelu voisi auttaa mahdollisten ongelmien välttämiseksi.

4 POHDINTA

Kosteuteen liittyvät ongelmat ovat paljon esillä nykypäivänä rakennustyömailla. Nopea rakennustahti ja tiukat aikataulut aiheuttavat sen, että varsinkin betonirakenteissa olevan kosteuden riittävän nopeaan ja tehokkaaseen poistumiseen tulee keskittyä ja panostaa työmailla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua betonin kosteuteen ja sen poistumiseen rakenteista ja etsiä parannuskeinoja siihen, että kosteus poistuu riittävän nopeasti rakenteesta ja ettei kosteus pääse aiheuttamaan vaurioita. Työn toisena kohteena oli myös tutkia eri kosteudenmittaustapoja ja miettiä kuinka mittauksista saataisiin tarkempia, jottei väärin tulosten vuoksi aiheudu ongelmia kosteuden kanssa varsinkin lattiapäällysteiden kanssa.

Työn aihe saatiin rakennusyhtiö Hartelalta ja aihe oli mielenkiintoinen ja hyvin ajan-kohtainen rakennusalalla. Työtä aloitellessa selvisi omien tietojen vajavaisuus sekä aiheen laajuus. Tämän vuoksi tärkeimpänä tekijänä alkuun oli tutustua aiheeseen mahdollisimman hyvin ja laajasti, jotta oma ymmärrys asiasta saataisiin sille tasolle, että työtä olisi mahdollista tehdä tehokkaasti. Erinäisiä lähteitä läpikäydessä alkoi aihe tulla tutuksi ja asiaan syventyminen helpommaksi. Samalla selvisi betonin kosteuteen liittyvien ongelmien laajuus ja merkitys.

Oman tiedon lisääntyessä käsitys parani siitä, mitkä ovat suurimmat syyt työmailla esiintyville ongelmille ja samalla pystyi miettimään keinoja niiden ehkäisemiseksi. Työn valmistuessa myös alkoi muodostua omia mielipiteitä asiasta ja Hartelan työnjohdon haastattelujen avulla sai myös tietoa toisten alalla kauemmin olleiden kokemuksista ja mielipiteistä.

Työn aikana Hartelalta ja koululta saatu palaute oli hyvää ja auttoi merkittävästi. Varsinkin toimintaohjetta tehdessä palaute Hartelalta oli tärkeää, jotta ohjeesta tuli sellainen kuin yritys haluaa. Koululla käytyjä keskusteluja oli mahdollista hyödyntää varsinkin työn runkoa miettiessä ja työn rajauksen kanssa.

Lähdekirjallisuutta aiheesta löytyi runsaasti, jonka perusteella aiheeseen on perehdytty laajasti ja jo pidemmän aikaa. Tämä tieto ja kokemus pitää vain saada kaikkien näiden asioiden kanssa työskentelevien käsiin ongelmien välttämiseksi. Betonin kosteudenhallintaan liittyy erittäin monia tekijöitä, minkä vuoksi kaikilta ongelmilta ei voida välttyä. Kuitenkin asiaan perehtymällä ja hyvällä suunnittelulla ja huolellisuudella ongelmien syntyä voidaan vähentää merkittävästi.

Työn lopputuloksena oma käsitys aiheesta kehittyi merkittävästi ja ongelmien laajuus ja vakavuus tulivat paremmin selville. Tästä eteenpäin betonirakenteiden kanssa toimiminen tulee olemaan tältä osalta huomattavasti helpompaa ja kosteuden aiheuttamiin haasteisiin on helpompi vastata. Oppiminen asian parissa jatkuu varmasti pitkään ja saman pitäisi tapahtua koko rakennusteollisuuden kanssa, sillä vaikka tietoa asiasta on jo nyt reilusti, ongelmia ja vaurioita tulee silti vastaan aivan liian usein.

LÄHTEET

By201 Betonitekniikan oppikirja 2004

Merikallio, Tarja 2009: Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa

Merikallio, Tarja 2002: Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi

Merikallio, Tarja: Rakennustyömaan kosteudenhallinta,
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>

Niemi Sami, diplomi-insinööri: Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen, <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100401.pdf>

Nieminen, Juha, rakennusmestari, Sähköpostihaastattelu, Haastattelija Aho, Matti. Luettu 2.12.2015.2015

Rantanen, Kari, rakennusinsinööri, Sähköpostihaastattelu, Haastattelija Aho, Matti. Luettu 27.11.2015

RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus

<http://uniikkitalo.blogspot.fi/2014/05/betonin-kosteusmittaus-osa-2-kovin.html>

Valmisbetoni kotisivu: <http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/kosteudenhallinta>

Wiiste Oy:n kotisivut: www.wiiste.com

Wiiste Oy: SolidRH Käyttöohje

LIITTEET

Liite 1. Betonivalujen kosteudenhallinta, toimintaohje

BETONIVALUJEN KOSTEUDENHALLINTA

- Tehdään rakenteen kuivumisesta kuivumisaika-arvio, jota voidaan käyttää hyväksi aikataulua ja suunnitelmia tehdessä.
- Jos aikataulu niin vaatii, käytetään nopeammin kuivuvia betonilaatuja.
- Pyritään ajoittamaan valu sellaiseen ajankohtaan kun olosuhteet ovat mahdollisimman kuivat.
- Valun ja mahdollisen jälkihoidon jälkeen on huolehdittava, ettei betoni pääse kastumaan, sillä rakenteen kastuminen jälkikäteen hidastaa kuivumista merkittävästi. Jos mahdollista, niin kuivuvan tilan katto olisi hyvä saada tiiviiksi heti valun jälkeen.
- Luodaan sellaiset olosuhteet mm. tarpeeksi korkea lämpötila ja rakennetta ympäröivän ilman alhainen suhteellinen kosteus, että betonin kuivuminen tapahtuu mahdollisimman nopeasti. Kesällä ongelmana on ympäröivän ilman korkea suhteellinen kosteus ja talvella puolestaan kylmä ilma. Optimaalinen ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on noin 50 %. Tämän mahdollistamiseksi, kuivuva tila tulee suojata ulkoisilta olosuhteilta. Tarvittaessa työmaa tulee varustaa riittävillä lämmittimillä ja puhaltimilla, jotta oikeisiin olosuhteisiin päästään.
- Ylimääräinen vesi tulee poistaa nopeasti betonilaatan päältä, ettei se pääse imeytymään rakenteeseen. Talvella lumi tulee poistaa mekaanisesti eikä sulattamalla.
- Työmaalla on varauduttava suojaamaan betonirakenne esim. peitteillä, mikäli tilaa ei saada tiiviiksi riittävän ajoissa. Myös avonaiset seinärakenteet on suojattava esim. laatalta valuvalta vedeltä, jotta vesi ei pääse seinärakenteen sisään esim. eristekerrokseen.
- Mikäli betonirakenteen kuivuminen ei tapahdu suunnitelmien mukaan, on kuivumista nopeutettava erilaisin menetelmin esimerkiksi nostamalla betonin ja ympäröivän ilman lämpötilaa.

- Rakenteen kosteusmittauksia tulee tehdä riittävän usein, vähintään kuukauden välein ja jo aikaisessa vaiheessa, jotta nähdään kuivuuko betoni riittävän nopeasti työmaan aikataulun kannalta ja korjaaviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä riittävän aikaisin
- Kosteusmittaukset on tehtävä huolellisesti, sillä virheet mittauksissa voivat aiheuttaa merkittäviä epätarkkuuksia mittaustuloksissa. Esimerkiksi oikeat mittaussyvytydet, mittapäiden riittävän pitkät tasaantumisajat sekä oikeat mittaolosuhteet ovat ensisijaisen tärkeitä oikeiden mittaustulosten varmistamiseksi.
- Mittauskaluston kalibroiminen riittävän usein ehkäisee laitteistosta johtuvia mittavirheitä. Ennen mittausta on siis varmistuttava, että käytettävä laitteisto on kalibroitu oikeaoppisesti riittävän usein.
- Mittauspisteet tulee suunnitella jo ennalta sellaisiin paikkoihin, joissa mittaus voidaan tehdä mahdollisimman tarkasti ja olosuhteet eivät pääse vaikuttamaan tulosten tarkkuuteen. Esimerkiksi ulko-oven edusta, jossa lämpötila vaihtelee useasti, on huono paikka mittaukselle. Mittauspaikkojen häiriintymättömyys pitää myös tehdä selväksi kaikille työntekijöille, jotta niitä osataan varoa.
- Rakenteen päällystäminen voidaan aloittaa vasta kun mittauksilla on varmistettu, että betoni on kuivunut vähintään päällystemateriaalien vaatimaan suhteellisen kosteuden arvoon. Riittävän alhaisen suhteellisen kosteuden arvo tarkastetaan aina käytettävästä materiaalista ennen päällystämistä.

Liite 2. Betonirakenteen kosteusmittaukset, raporttilomake

BETONIRAKENTEEN KOSTEUSMITTAUKSET

Työmaan tiedot

Työmaa	
Työnumero	
Vastaava mestari	
Valvoja	

Valukohteen tiedot

Valukohde	
Valupäivämäärä	
Käytetty betonilaatu	
Erityishuomioitavaa	

Kosteusmittaukset

Mittauspvm.	Mittaaja	Työnjohdon kuitaus	Huom.

Pvm.

Vastaava mestari

Valvoja

Liite 3. Haastattelu, Juha Nieminen, rakennusmestari

1. Oma nimi, nykyinen titteli/työnkuva ja koulutus

- Juha Nieminen
- Vastaava mestari
- Rakennusmestari (AMK)

2. Mitkä ovat suurimmat ongelmat joita vastaasi on tullut betonin kosteuden kanssa/ mittausten kanssa?

- Betoni kosteuksien kanssa ei ole ollut liiemmin ongelmia tähän asti. Vuoden ajat ovat olleet suotuisat ja aina on tuuletettu sekä lämmitetty riittävästi ja saatu kaikki suojaan hyvissä ajoin.

Mittausten kanssa on sitten ollutkin ongelmia. Hyvien mittauspaiikkojen löytäminen esim.

- Joku potkaisee putken irti ja laittaa takaisin, eikä kerro asiasta.
- Oikean syvyisen reiän poraaminen
- Joku kaataa vettä päälle tahi ympäristöön

3. Mistä virheet mittauksessa ovat johtuneet? (Mittaajan virhe/virhe laitteistossa?)

Päällimmäisenä ongelmana omalla kohdallani on ollut ulkoisten tekijöiden vaikutus mittaustulokseen.

4. Minkälaisia eri mittausvälineitä/tekniikoita olet käyttänyt/työmaalla käytetty? Omat mielipiteet eri laitteistoista/tekniikoista

Ainoa ja oikea tapa on porareikä mittaust.

5. Onko mittaukset tehty itse vai onko käytetty ulkopuolista mittauspalvelua? Kumpi mielestäsi parempi?

Seurantamittauksia voi tehdä itse, mutta viralliset mittaukset täytyy antaa ammattilaisen tehdä.

6. Ovatko betonirakenteet päässeet kastumaan jälkikäteen työmaalla siten, että se on aiheuttanut ongelmia? Miksi?

Rakenteet ovat päässeet kastumaan, mutta alueet ovat tuuletettu ja lämmitetty jälkikäteen hyvin.

Myös riittävä aika annettu kuivumiselle yleisaikataulussa, niin ei tule ongelmia.

**7. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat betonin kosteuden kanssa/ mittaus-
ten kanssa? Omia mielipiteitä asian parantamiseksi?**

Suojaus on kaiken perusta, eli mahdollisimman nopeasti vaippa pitäväksi. Sen jälkeen lämpöä 20 astetta ja sitten kunnan tuuletus, että kosteus pääsee haihtumaan.

Yleisaikataulut pitäisi suunnitella niin, että laitetaan mahdollisimman nopeasti runko pystyyn ja vesikatto päälle, sekä työmaiden aloitukset/rungot teot pitäisi ajoittaa ns. kuivaan ajan jaksoon. Aina tämä ei ole mahdollista, koska sää on sellainen elementti johon emme voi vaikuttaa. Esim. tälläkin hetkellä elämme joulukuuta, eikä lunta ole maassa.

Suurimmat ongelmat ovat niissä omissa mittauksissa, kun meillä ei ole kalibroituja luotettavia vehkeitä. Mittaajan osaaminen ja lukutaito ovat myös monella huonolla tasolla. Suutari pysyköön lestissään.

Liite 4. Haastattelu, Kari Rantanen, rakennusinsinööri

1. Oma nimi, nykyinen titteli/työnkuva ja koulutus

Kari Rantanen, vastaava työnjohtaja, rakennusinsinööri AMK

2. Mitkä ovat suurimmat ongelmat joita vastaasi on tullut betonin kosteuden kanssa/ mittausten kanssa?

Betonin kosteus ja sen poistaminen on erityisen hankalaa olosuhteissa ja tilanteissa, joissa kuivamisedellytykset eivät ole kunnossa/mahdollisia. Lämpötilaerojen puuttuminen ts. tilanne, jolloin tilaa ei voida lämmittää ympäristöään lämpimämmäksi (kesäaika). Näistä syistä johtuen maanvaraiset ja erityisesti massiiviset lattiarakenteet ovat ongelmallisia saada kuiviksi.

Ongelman aiheuttaa myös perusvalun päälle tehdyt pinnoitukset ja rakenteet. Mastertop haittaa kuivumista, mutta muodostuu ongelmaksi lähinnä liikeraennuksissa, joissa päälle tehdään sisustuksellisia muovimatto/laminaattiasennuksia. Plaanotus (primeri luo kalvon) pysäyttää peruslaatan kuivumisen myös hyvin tehokkaasti, tämän vaikutusta pitäisi tutkia ehdottomasti nykyistä enemmän. Pintabetonilattioiden kelluvat rakenteet (esim. EPS) tekee rakenteista myös lähes yhteen suuntaa kuivuvia, eikä pohjalaatta ole useinkaan kuivatettu pintoja valettaessa.

3. Mistä virheet mittauksessa ovat johtuneet? (Mittajaajan virhe/virhe laitteistossa?)

Laitteiston kalibroinneissa on ollut hyvin isoja ongelmia ja tästä seurauksena kosteusvaurio, kun on oletettu rakenteen olevan kuiva.

Kosteusmittauksen toteutuksessa virheet ovat liittyneet pinnan kosteusarvoihin, jotka pitäisi olla arvostelusyvyyttä huomattavasti kuivemmat, mutta tätä ei ole ymmärretty.

4. Minkälaisia erilaisia mittausvälineitä/tekniikoita olet käyttänyt/ työmaalla käytetty?

- Omat mielipiteet eri laitteistoista/tekniikoista?

Laitteistona on ollut ainoastaan porareikämittaus. Mittausmenetelmäksi pitäisi kuitenkin saada myös vaihtoehto, jotta arvoja saataisiin myös kylmistä rakenteista.

5. Onko mittaukset tehty itse vai onko käytetty ulkopuolista mittausspalvelua? Kumpi mielestäsi parempi?

Mittauksia on tehty itse, mutta lopullinen pinnoituskosteuden dokumentointi on teetetävä ehdottomasti ulkopuolisella, jotta virheen mahdollisuus saadaan puolitettua.

6. Ovatko betonirakenteet päässeet kastumaan jälkikäteen työmaalla siten, että se on aiheuttanut ongelmia? Miksi?

Kastuminen valun jälkeen on iso ongelma. Vesikaton töihin ja rakenteellisiin ratkaisuihin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Toisinaan vaikeat rakenneratkaisut estävät rakenteiden oikeellisen kuivatuksen (esim. liittyvät rakenteet kuten katokset, suuret IV koneet tai muut laitteet, joille ei ole muuta reittiä kuin vesikatto).

7. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat ongelmat betonin kosteuden kanssa/ mittauksen kanssa? Omia mielipiteitä asian parantamiseksi?

Edellisissä kohdissa esitetyt asiat. Massiivisissa alapohjissa ainoaksi järkeväksi kuivatusmenetelmäksi näen kuivatuskaapeleiden asentamisen tai suunnitella rakenteisiin vesikiertoinen lämmitys (lopullinen).

Tärkeä tutkittava asia olisi myös muun kuin betonirakenteiden kosteuden mittausta eli esimerkiksi betonielementtien villatilan kosteuden mittauksesta ei ole mielestäni riittävästi aineistoa /ollenkaan.